

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-112046

(43)公開日 平成11年(1999)4月23日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 41/083

H 0 1 L 41/08

S

41/22

H 0 2 N 2/00

Z

H 0 2 N 2/00

H 0 1 L 41/22

Z

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 6 頁)

(21)出願番号

特願平9-266384

(71)出願人 000006633

京セラ株式会社

京都府京都市伏見区竹田烏羽殿町6番地

(22)出願日

平成9年(1997)9月30日

(72)発明者 廣田 睦明

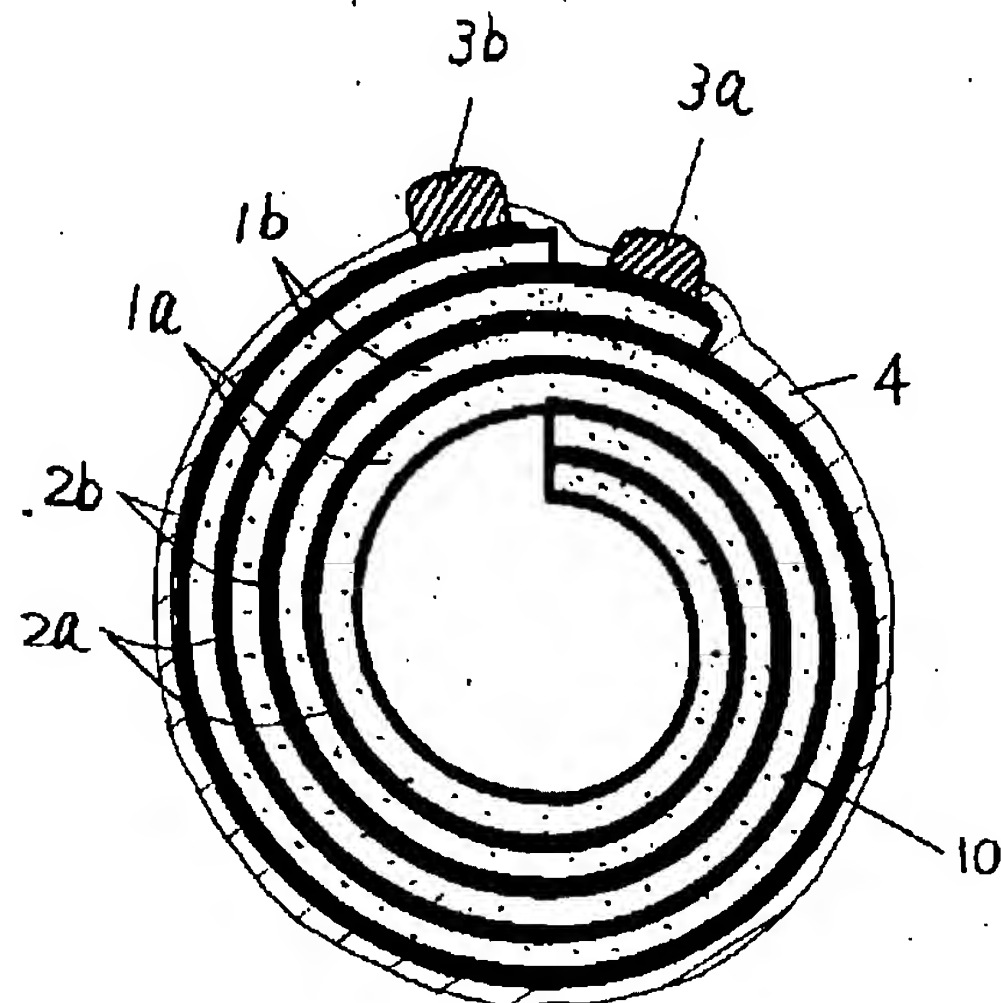
鹿児島県国分市山下町1番1号 京セラ株式会社鹿児島国分工場内

(54)【発明の名称】 圧電アクチュエータ及びその製造方法

(57)【要約】

【課題】 振動電極、圧電磁器層の構造が簡単で、圧電磁器に内部応力が発生せず、また、製造工程が非常に簡略化した圧電アクチュエータ及びその製造方法を提供することにある。

【解決手段】 概略円筒状を成し、その肉厚部が、円周方向に連続した第1の圧電磁器層1a、第1の振動電極2a、第2の圧電磁器層1b、第2の振動電極2aが積層されて構成されているとともに、概略円筒状側面の端部に現れるが第1の振動電極2a及び第2の振動電極2bに各々端子電極3a、3bを形成した圧電アクチュエータ1である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 同芯円状に渦巻き状に巻回された第1の圧電磁器層及び第2の圧電磁器層と、前記第1の圧電磁器層と第2の圧電磁器層との間に形成されている第1の振動電極及び第2の振動電極から成り、前記第1の振動電極及び第2の振動電極の一部を周面に露出させるとともに、該露出部に端子電極を形成したことを特徴とする圧電アクチュエータ。

【請求項2】 第1の圧電磁器グリーンシートと第2の電磁器グリーンシートとを第1の振動電極となる導体膜を介して積層し、その両主面の少なくとも一方主面に第2の振動電極となる導体膜を形成してなる積層シートを渦巻き状に巻回し、導体膜及び圧電磁器グリーンシートとを一体的に焼成したことを特徴とする圧電アクチュエータの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、振動発生器や微細な位置合わせなどに使用される圧電アクチュエータ及びその製造方法に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来より、圧電アクチュエータは一般的に積層体構造であった。その代表的な構造は、特開平5-21857号、特開平6-296049号に示されている。

【0003】例えば、特開平5-21857号は、焼成された圧電板を用いて積層構造とするものであり、圧電材料から成る円板状の圧電板と、振動電極となる金属板とが、導電性ペーストを介して交互に複数積層されている。そして、積層方向に隣接する金属板に交互に極性の異なる電圧を与えることにより、2つの金属板に挟持された圧電磁器が伸縮振動するものである。

【0004】また、特開平6-296049号は、圧電磁器層と振動電極とを、一体的に焼結した構造である。

【0005】圧電磁器層となる圧電磁器グリーンシートの少なくとも一方主面に、振動電極となる導体膜を印刷形成し、このような圧電磁器グリーンシートを、多数枚積層し、所定形状の直方体形状に切断した後焼成し、焼成した積層体の一对の側面に夫々端子電極を形成する。積層厚み方向に互いに隣接する2つの振動電極は、各々積層体の異なる側面に露出するように、振動電極が偏って形成されている。そして、一方の外部電極は、積層厚み方向の隣接しあう一方の振動電極に接続し、他方の外部電極は、他方の振動電極に接続している。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】上述の圧電アクチュエータは、低電圧駆動で、大きな変位が得られ、且つ、圧電磁器の破損のないものが望ましい。

【0007】しかし、第1の先行技術では、焼成された圧電板を用いて積層しているため、圧電磁器の厚みを2

00 $\mu$ m以下とすることは技術的に非常に難しい。従って、厚い圧電磁器を挟持する振動電極には、非常に高い電圧、例えば数100Vを供給しなくてはならない。また、厚み方向に隣接しあう振動電極に異なる極性の電圧を与えなければならない。従って、端子電極から振動電極に交互に接続するような構造が必要となる。

【0008】また、第2の先行技術では、製造工程上、圧電磁器グリーンシートを用いるために、圧電磁器層の厚みを薄くすることができる。

10 【0009】しかし、積層体の厚み方向に振動電極が積層数に対応するだけ配置されている。しかも、隣接しあう一方の振動電極の平面形状に注目すると、例えば一方側面の端子電極に接続する振動電極は、圧電磁器層上の一方側面となる端部側に偏って形成され、他方側面側の端部には振動電極が形成されていない。同様に、隣接しあう他方の振動電極は、圧電磁器層上の他方側面となる端部側に偏って形成され、一方側面側の端部には振動電極が形成されていない。従って、圧電磁器層で隣接しあう振動電極によって挟持されて、所定電位差が供給される部位と、所定電位差が供給されない部位とが存在することになる。即ち、圧電磁器の厚み方向に伸縮振動する部位と伸縮振動しない部位とが存在することになり、圧電磁器層が内部応力により破損し易くなるという問題点があった。

【0010】本発明は上述の問題点に鑑みて、案出されたものであり、その目的は、振動電極、圧電磁器層の構造が簡単で、圧電磁器に内部応力が発生しない圧電アクチュエータを提供することにある。

20 【0011】また、第2の目的は、製造方法が非常に簡単な圧電アクチュエータの製造方法を提供することにある。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】第1の発明によれば、同芯円状に渦巻き状に巻回された第1の圧電磁器層及び第2の圧電磁器層と、前記第1の圧電磁器層と第2の圧電磁器層との間に形成されている第1の振動電極及び第2の振動電極から成り、前記第1の振動電極及び第2の振動電極の一部を周面に露出させるとともに、該露出部に端子電極を形成したことを特徴とする圧電アクチュエータである。

30 【0013】第2の発明は、第1の圧電磁器グリーンシートと第2の電磁器グリーンシートとを第1の振動電極となる導体膜を介して積層し、その両主面の少なくとも一方主面に第2の振動電極となる導体膜を形成してなる積層シートを渦巻き状に巻回し、導体膜及び圧電磁器グリーンシートとを一体的に焼成した圧電アクチュエータの製造方法である。

## 【0014】

【作用】第1の発明では、圧電アクチュエータが渦巻き状に巻回された概略円筒状で構成されており、従来の積

層型とは全く異なる構造である。即ち、圧電磁器層、1対の振動電極が夫々円筒部分の肉厚部を構成し、しかも、渦巻き状に連続している構造である。

【0015】従って、一对の各振動電極と外部の回路との接続を行う端子電極は、夫々振動電極と1箇所接続すればよく、端子電極と振動電極との接続構造が非常に簡素化される。

【0016】また、振動電極と圧電磁器層とが互いに連続した構造を有し、圧電磁器層上で振動電極とが接合してない部分を実質的になくすことができ、圧電磁器層の振動時にその振動を発生する部位としない部位との間に発生する内部応力を低減することができ、耐久性が非常に向上する。

【0017】第2の発明によれば、少なくとも一方主面に振動電極となる導体膜を形成した第1及び第2の圧電磁器グリーンシートを積層した積層シートを渦巻き状に巻回し、導体膜及び圧電磁器グリーンシートとを一体的に焼成しているため、圧電磁器層の厚みを実質的にグリーンシート形成可能な厚み、例えば10 $\mu$ m以下にまで薄くすることができる。これにより、形成された圧電アクチュエータの圧電磁器層の厚みを非常に薄くすることができ、低電圧で駆動させることができる圧電アクチュエータとなる。

【0018】また、製造方法が実質的に振動電極となる導体膜が被着された圧電磁器グリーンシートを渦巻き状に所定ターン数巻回すればよいため、製造方法自体が非常に簡略化されることになる。

【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の圧電アクチュエータ及びその製造方法を図面に基づいて説明する。

【0020】図1は本発明の圧電アクチュエータの外観斜視図である。また、図2は図1中X-X線の断面構造を示す。

【0021】1は圧電アクチュエータであり、10は概略円筒状アクチュエータ本体であり、3a、3bは端子電極、4は絶縁保護部である。

【0022】概略円筒状アクチュエータ本体10は、円周方向に連続した第1の圧電磁器層1a、円周方向に連続した第2の圧電磁器層1b、第1の振動電極2a、2bが渦巻き状に所定ターン数巻回された状態で構成されている。

【0023】例えば2ターン分だけ巻回された部位の半径方向においては、内部側から内周側の第1の圧電磁器層1a、内周側の第1の振動電極2a、内周側の第2の圧電磁器層1b、内周側の第2の振動電極2b、外周側の第1の圧電磁器層1a、外周側の第1の振動電極2a、外周側の第2の圧電磁器層1b、外周側の第2の振動電極2bとから構成されている。

【0024】例えば、圧電磁器層1a、1bは、チタン酸鉛(PbTiO<sub>3</sub>)、チタン酸ジルコン酸鉛(Pb(Zr<sub>0.5</sub>Ti<sub>0.5</sub>)O<sub>3</sub>)などか

らなり、磁器厚み方向に分極処理が施されており、その厚みは5~20 $\mu$ m程度となっている。尚、圧電磁器層1a、1bは、ポアソン比が2以上である。

【0025】振動電極2a、2bは、パラジウムや銀などを主成分とする導体から成っており、例えば、第1の振動電極2aは、第1の圧電磁器層1aの外周側主面及びその外周を取り巻く第2の圧電磁器層1bの内周側主面の略全面に密着している。

【0026】また、第2の振動電極2bは、第2の圧電磁器層1bの外周側主面及びその外周を取り巻く第1の圧電磁器層1aの内周側主面の略全面に密着している。尚、第2の圧電磁器層1bの最外周部分において、絶縁保護膜4によって覆われている。

【0027】端子電極3a、3bは、円筒状アクチュエータ本体10の側面に、巻回された第1の振動電極2aの終端部及び巻回された第2の振動電極2bの終端部に接続するように形成されている。具体的には、第1及び第2の振動電極2a、2bの露出部分の円筒状アクチュエータ本体10の長手方向の略中心部分に被着され、半田濡れ性を良好にすべくAgを主成分とする導電性樹脂などからなっている。

【0028】絶縁保護膜4は、シリコン樹脂などの柔軟性を有する樹脂からなり、少なくとも端子電極3a、3bを露出して、アクチュエータ本体10の全面を被覆している。

【0029】このような各構成部品で構成されたアクチュエータ1は、内部に長手方向に延びる空洞部6を有し、その空洞部6の周囲に上述の構成の第1の圧電磁器層1a、第1の振動電極2a、第2の圧電磁器層1b、第2の振動電極2bの積層構造体が、1ターンまたは複数ターンされることになる。その寸法は空洞の内径が例えば1mm、円筒状アクチュエータ本体10の外径が約3~5mmであり、長さを5mm程度となっている。

【0030】このようなアクチュエータ1の端子電極3a、3bに、数Vの交番電圧を与えると、第1の振動電極2aと第2の振動電極2bまたは第2の振動電極2bと第1の振動電極2aに挟持された第1の圧電磁器層1a及び第2の圧電磁器層1bに所定振動が発生する。この所定振動とは、円筒状アクチュエータ本体10の長さ方向に伸縮する。即ち、従来の積層型圧電アクチュエータでは、積層厚み方向に伸縮していたが、本発明の積層厚み方向と直交する方向に主に伸縮する。この長さ振動は、圧電定数 $d_{33}$ の大きさに関連している。

【0031】実際、PZTから成る第1及び第2の圧電磁器層1a、1bの厚みを10 $\mu$ mとして、長さ5mmで10ターン巻回した円筒状アクチュエータ本体10の振動電極2a、2b間に、3Vの電圧を供給すると、円筒状アクチュエータ本体10の長手方向に3 $\mu$ mの変位量が得られた。

【0032】上述の構造により、第1及び第2の圧電磁



器層1a、1b、第1及び第2の振動電極2a、2bが夫々円周方向に連続している。

【0033】このため、第1の振動電極2a、第2の振動電極2bの巻回終端部分の一箇所に端子電極3a、3bを形成するだけで、ターン数に係わらず、所定電圧を第1の圧電磁器層1a、第2の圧電磁器層1bに供給することができる。即ち、端子電極3a、3bの構造が簡単となり、確実に動作し得る圧電アクチュエータ1となる。

【0034】また、第1の振動電極1a、第2の振動電極2aが、第1及び第2の圧電磁器層1a、1bの内周側主面または外周側主面の略全面に接合することができ、第1及び第2の圧電磁器層1a、1bの全体に電圧を供給することができるため、従来のように同一圧電磁器内で振動に寄与する部位としない部位とが存在することがないため、振動時の内部応力が集中することがなく、圧電磁器層1a、1bの耐久性が向上し、信頼性の高い圧電アクチュエータ1となる。

【0035】次に、本発明の圧電アクチュエータの製造方法を図3の工程流れ図を用いて説明する。

【0036】まず、第1の工程は、圧電磁器層となる圧電磁器グリーンシートを作成する。

【0037】具体的には、調整されたPZT圧電材料の粉末、バインダ、可塑剤などを混合してスラリーを形成し、このスラリーをドクターブレード法などの周知のテープ形成法でもって、テープを形成する。

【0038】第2の工程は、圧電磁器グリーンシートの外周側主面に振動電極となる導体膜の形成する。導体膜は、パラジウムを主成分とする導電性ペーストを用いて、圧電磁器グリーンシートの外周側主面の全面に印刷して、乾燥する。

【0039】第3の工程は、第2の工程で形成した振動電極となる導体膜を有する第1の圧電磁器層1aとなるグリーンシートと第2の圧電磁器層1bとなるグリーンシートとを積層する。具体的には、第1の圧電磁器層1aとなる外周側主面（振動電極となる導体膜が形成された面）上に、第2の圧電磁器層1bとなるグリーンシートを載置し、加圧密着させる。これにより、第1の圧電磁器層1aとなるグリーンシート、第1の振動電極2aとなる導体膜、第2の圧電磁器層1bとなるグリーンシート、第2の振動電極2bとなる導体膜とが互いに積層されたシートとなる。尚、このとき、第1の圧電磁器層1aとなるグリーンシートで第1の振動電極となる導体膜と第2の圧電磁器層1bとなるグリーンシートで振動電極が形成されていない面とを接合するようにする。

【0040】尚、上述のテープを所定形状に裁断してグリーンシートを形成する。グリーンシートの幅は、複数の圧電アクチュエータ1が切り出される長さとなっており、グリーンシートの長さは、1つの圧電アクチュエータ1を巻回するに必要な長さとなっている。尚、円筒状

アクチュエータ本体10の内周側に位置する第1の圧電磁器層1aとなるグリーンシートの長さを、第2の圧電磁器層1bとなるグリーンシートの長さよりも長くしておき、巻回の最終端部で、第1の圧電磁器層1aの終端部の外周面が、第2の圧電磁器層1bの終端部の外方に露出して、端子電極3aの形成を容易ようにすることが望ましい。第4の工程は、第3の工程で形成された積層シートを円筒状とすべく巻回する工程である。具体的には、カーボングラファイトなどを表面に塗布した直径約1mmのシャフトに、第2の振動電極2bとなる導体膜を外周面となるように積層シートを、所定ターン数巻き付ける。その後、巻きつけて円筒状となった積層シートの外周面側から均一な加圧及び必要に応じて加熱を加え、積層シートの外周面である第2の振動電極2bとなる導体膜と積層シートの内周面である第1の圧電磁器層1aとなるグリーンシートとを密着させる。

【0041】その後、上述のシャフトを摺動して外すことにより、未焼成状態の円筒状アクチュエータ本体10が形成される。

【0042】第5の工程は、第4の工程で形成された未焼成状態の円筒状アクチュエータ本体10を焼成処理する。具体的には、大気雰囲気中で、約1200℃で焼成処理する。これにより、グリーンシートは第1及び第2の圧電磁器層1a、1bに、導体膜は振動電極2a、2bとなる。その後、第1及び第2の振動電極2a、2bを利用して、焼成された圧電磁器に分極処理を行う。

【0043】第6の工程は、長尺状の円筒状アクチュエータを、圧電アクチュエータ1の長さに応じて所定長さに切断処理する。これにより、円筒状アクチュエータ本体10が完成する。第7の工程は、円筒状アクチュエータ本体10の積層シートの巻回終端部に露出する第1の振動電極2a、第2の振動電極2bにAgを含有する導電性樹脂ペーストなどを用いて、端子電極3a、3bを形成する。端子電極3a、3bは、円筒状圧電アクチュエータ本体10の長さ方向の全長さに渡って形成してもよいが、円筒状アクチュエータ本体10の振動を考慮して、伸縮振動の影響が最も少ない円筒状アクチュエータ本体10の長さ方向の中心部分に形成してもよい。

【0044】第9の工程は、円筒状アクチュエータ本体10の端子電極3a、3bが露出するようにシリコン樹脂などの柔軟性を有する樹脂からなる絶縁保護膜4を形成する。尚、圧電アクチュエータ1の振動の先端部となる円筒状圧電アクチュエータ本体10の両端面には、円板状のセラミックなどからなる絶縁部材（図示せず）を接着配置する。

【0045】以上の製造工程では、圧電磁器層1a、1bは圧電磁器グリーンシートを巻回して形成されることが、グリーンシートの厚みによって磁気厚みを制御できること、また導体膜の印刷形成ができることなどから、さらに巻回処理が可能な程度にまでグリーンシートを薄く

できる。例えば、10 $\mu$ m以下であってもよい。

【0046】従って、圧電アクチュエータ1の圧電磁器層1a、1bの厚みを非常に薄くすることができ、低電圧、例えば3V以下であっても十分に駆動させることができる。

【0047】また、圧電磁器層が積層状態であったとしても、平面状態での圧電磁器層1a、1bとなるグリーンシートの積層が実質的に2層だけで済み、それ以外の積層処理が実質的にシャフトを用いた巻回処理となるため、積層工程全体が非常に簡略化できる。しかも、一回

の処理で複数の圧電アクチュエータを形成することができるため、生産効率も良好となる。

【0048】尚、上述の実施例では、第1の圧電磁器層1a、1bとなるグリーンシートには、各々外周側主面にのみ振動電極を形成しているが、図4に示すように、第1の圧電磁器層1a、第2の圧電磁器層1bとなるグリーンシート10a、10bの両主面に、振動電極2a、2bとなる導体膜21、22、23、24を形成してもよい。この場合、第1の圧電磁器層1a、1bとなるグリーンシート10a、10bとを積層した場合には、第1の圧電磁器層1aとなるグリーンシート10aの外周側主面（図で上側の主面）の導体膜22と、第2の圧電磁器層1bとなるグリーンシート10bの内周側主面（図で下側の主面）の導体膜23とが一体化して、図2に示す第1の圧電磁器層1aの内周側主面と第2の圧電磁器層1bの内周側主面との間の第1の振動電極2aとなり、また、第1の圧電磁器層1aとなるグリーンシート10aの内周側主面（図で下側の主面）の導体膜21と、第2の圧電磁器層1bとなるグリーンシートの外周側主面（図で上側の主面）の導体膜24とが一体化して、図2に示す第2の圧電磁器層1bの外周側主面と第1の圧電磁器層1aの内周側主面との間の第2の振動電極2aとなる。

【0049】尚、図4に示すように、各圧電磁器層1a、1bとなるグリーンシート10a、10bの主面に形成する振動電極となる導体膜21～24の巻回の始端部において、両者が巻回処理されたときに少なくとも第1の振動電極2aと第2の振動電極2bとが短絡しないように、若干電極のない部分（ギャップg）を設けて形成しても構わない。また、振動電極となる導体膜21～24の巻回の終端部は、第1の振動電極2aと接続する端子電極3a及び第2の振動電極2bと接続する端子電

極3bが容易に形成できるように、各圧電磁器層1a、1bとなるグリーンシート10a、10bの長さが相違している。

【0050】また、第一の圧電磁器1aとなるグリーンシート10aの両主面に、導体膜21、22を形成し、第2の圧電磁器1bとなるグリーンシート10aの両主面には、導体膜を形成しない2つのグリーンシートを積層し巻回しても構わない。

【0051】

【発明の効果】以上、第1の発明では、圧電アクチュエータを構成する、圧電磁器層、振動電極、端子電極が夫々非常に簡素化された構成となり、また、圧電磁器層全体で振動が発生するため、従来のように内部応力の集中による磁器の破損を有効に防止できる。また、圧電磁器グリーンシートを用いて圧電磁器層を形成するため、圧電磁器層の厚みを薄くすることができるため、低い駆動電圧で簡単に駆動することができる。

【0052】第2の発明では、積層工程が、実質的に2枚圧電磁器グリーンシートの積層とこの積層したグリーンシートの巻回で達成できるため、組立・製造工程が非常に簡単となり、同時に、圧電磁器層の薄膜化が非常に簡単に達成し得る圧電アクチュエータの製造方法となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の圧電アクチュエータの外観斜視図である。

【図2】本発明の圧電アクチュエータの断面構造を示す断面図である。

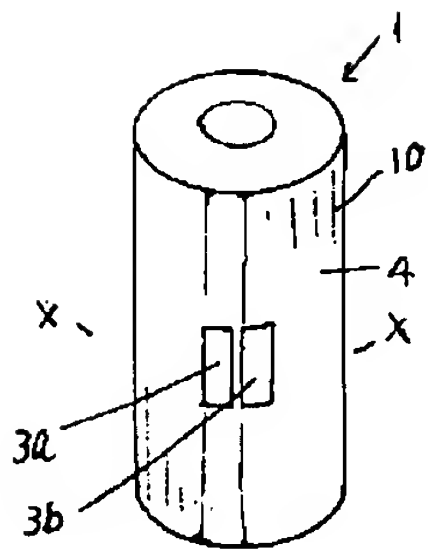
【図3】本発明の圧電アクチュエータの製造方法を説明する工程流れ図である。

【図4】本発明の圧電アクチュエータの製造に用いる圧電磁器グリーンシートを説明する概略図である。

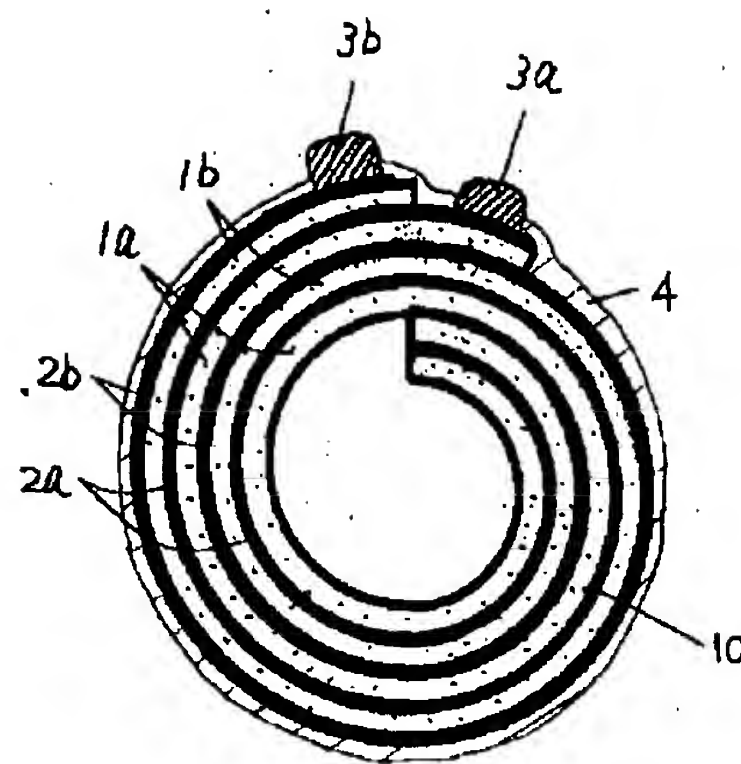
【符号の説明】

- 1・・・圧電アクチュエータ
- 10・・・概略円筒状アクチュエータ本体
- 1a・・・第1の圧電磁器磁層
- 1b・・・第2の圧電磁器磁層
- 2a・・・第1の振動電極
- 2b・・・第2の振動電極
- 3a、3b・・・端子電極
- 4・・・絶縁保護膜

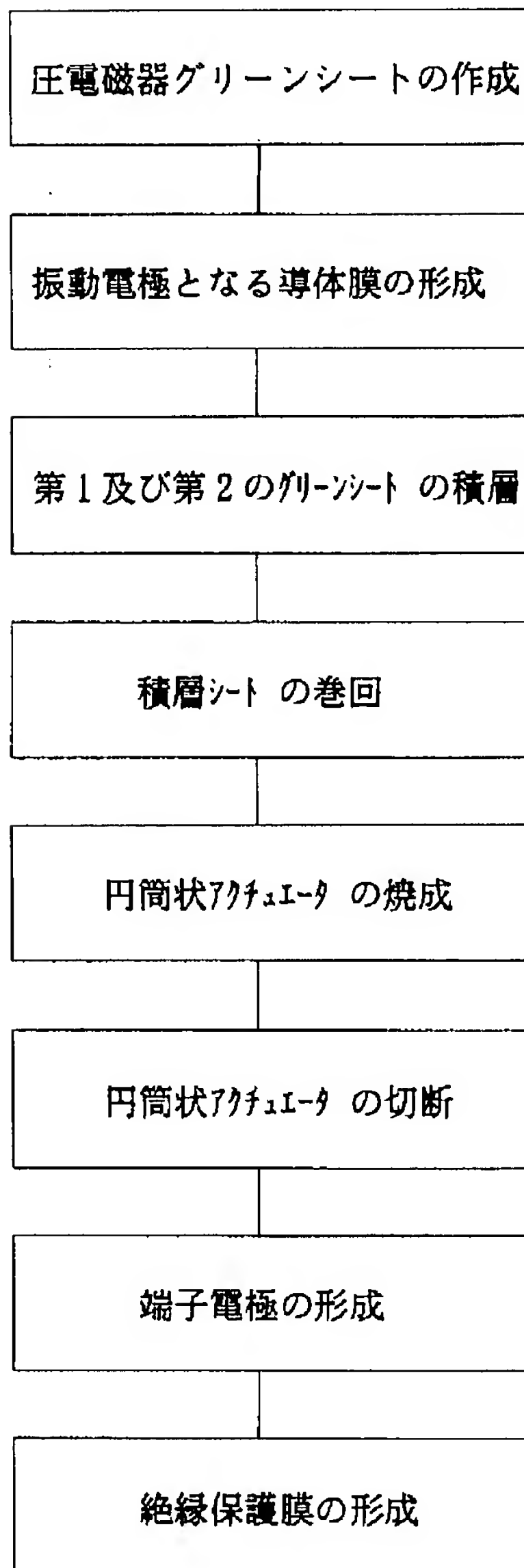
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

